Ⅱ 송전과 배전

1. 송전
2. 변전
3. 배전

전기를 생산하여 소비자가 사용할 수 있도록 공급하는 일련의 설비를 전력 계통이라고 한다. 이러한 전력 계통은 다시 전력을 생산하는 발전 설비와 생산된 전력을 수용 장소까지 수송하고 배분하는 송전선, 변전소, 배전선 등의 수송 설비, 그리고 배분된 전력을 일반 가정이나 공장에서 소비하기 위한 수용 설비 등으로 나눌 수 있다. 이 단원에서는 생산된 전력을 수송, 배분하는 수송 설비를 송전 계통, 변전 계통, 배전 계통으로 나누어 살펴보기로 한다.

1 송전

학습 목표 |

1. 송전 계통의 구성에 대하여 설명할 수 있다.
2. 송전 계통에 사용되는 기자재를 설명할 수 있다.
3. 송전 계통에서 일어나는 전기적 현상을 설명할 수 있다.

1 송전 계통의 구성

1. 송전 계통의 개요

전력 계통이란 전력을 생산하는 발전소와 전력을 수송하는 송 · 변전 설비, 전력을 배분하는 배전 설비 그리고 전력을 소모하는 부하를 총괄하는 말이다. 이 중 수송과 배분을 담당하는 송배전 계통은 경제성과 신뢰성이 중요한 요소이다. 즉 발전소에서 생산된 전력을 가장 경제적이면서도 정전 사고 없이 소비자에게 수송, 배분하여야 한다는 것이다.

2. 송전 선로의 구성

발전소에서 발전된 전압은 6.6～24〔kV〕 정도의 3상 교류이다. 송전 선로는 대전력을 먼 거리로 보내야 하는 특성상 이렇게 낮은 전압으로 송전하면 선로 손실이 많이 발생하게 된다. 따라서 발전단에 승압 변압기를 설치해서 장거리 송전에 적합한 전압 즉 765, 345〔kV〕의 초고압으로 송전단 전압을 승압하여 1차 변전소로 송전한다. 다시 1차 변전소에서 154〔kV〕 정도의 전압으로 강압하여 2차 변전소 또는 대전력 수용가로 보낸다. 2차 변전소에서는 22.9〔kV〕로 전압을 다시 낮추어 배전 선로나 배전용 변압기를 통하여 수용가에 직접 공급하게 된다.

3. 송전 방식과 송전 전압

발전소에서 생산된 전력의 송전 방식은 교류 송전 방식과 직류 송전 방식으로 나눌 수 있다.

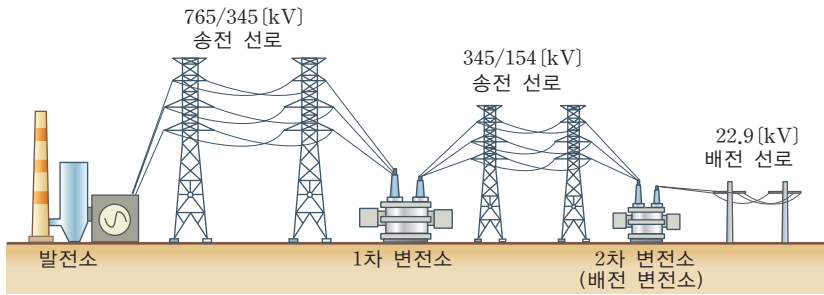



그림 II-1 송배전 계통

(1) 송전 방식

1) 교류 송전 방식

교류 송전 방식은 변압기를 사용하여 전압의 크기를 계통에서 요구되는 적정한 값의 전압으로 쉽게 변화시킬 수 있다. 또한 교류발전기가 직류발전기보다 구조가 간단하고, 회전자계를 얻을 수 있다는 장점이 있어, 우리나라에서는 대부분 교류 송전 방식을 사용하고 있다.

2) 직류 송전 방식

전력 사업 초기에는 직류발전기로 근거리의 수요에 대해 수천 볼트 이하의 저전압으로 전력을 공급해 왔으나, 수요가 증대되고 공급 지역이 광범위해짐에 따라 전압을 쉽게 변압할 수 있는 교류 송전으로 대체되었다. 최근에 와서는 장거리 가공 선로나 해저 케이블 송전 등의 경우에는 직류 송전을 적용하는 경우가 늘어나고 있다. 현재의 직류 송전 방식은 그림 Ⅱ-2와 같이 전력 계통 중 발전과 배전은 교류로 하고 송전만 직류로 하는 방식을 적용하고 있다. 직류 송전은 교류 방식에 비해 절연이 용이하고, 송전 효율이 좋으며, 계통의 안정도가 좋다는 장점이 있다. 하지만 전압을 바꾸기가 곤란하고 인버터, 콘버터 등의 변환 장치를 추가로 써야 하는 단점도 있다.

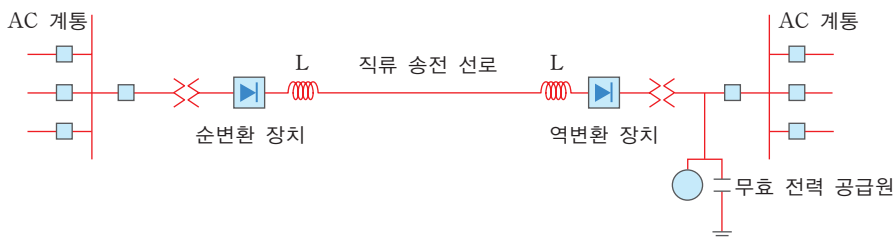



그림 II-2 직류 송전 계통

(2) **송전 전압**

일정한 거리에 전력을 송전할 경우 송전 전압이 높으면 높을수록 같은 전선로에 보낼 수 있는 전력이 증대된다. 그러나 송전 전압이 높아지면 전선과 전선에 접속된 각종 기기의 절연 내력을 높여야 한다. 또한 전선과 지지물의 이격 거리, 전선 상호간의 이격 거리, 전선의 지상고 등이 증대되어 지지물의 규격이 커지므로 건설비가 많이 들게 된다. 따라서 송전 전압은 여러 가지 조건을 고려하여 가장 경제적인 것으로 결정하여야 하는데, 우리나라의 송배전 전압은 765〔kV〕－345〔kV〕－154〔kV〕－■66〔kV〕－22.9〔kV〕－380〔V〕/220〔V〕로 구성해 운영하고 있다.

2 가공 송전 선로의 구성

1. 가공 송전 선로의 개요

송전 선로는 가공선로와 지중선로로 나눌 수 있다. 가공선로는 전선을 철탑 등의 지지물에 애자로 지지하는 방식이며, 지중선로는 전력케이블을 지하에 포설하여 송전하는 방식이다. 가공 송전 선로의 주요 구성 요소는 전기의 수송로인 전선, 전선을 지지하는 지지물, 전선과 지지물 간에 전기적으로 절연체 역할을 하는 애자로 크게 나눌 수 있다. 최근에는 도시 미관 등의 이유로 대도시 도심부를 중심으로 지중선로가 점점 늘어나고 있는 추세이다.

2. 지지물

전선과 애자를 지지하는 지지물은 폭풍우, 뇌, 폭설 등의 자연의 장해에 대하여 항상 선로를 안전하게 지지하기 위한 충분한 기계적 강도를 가져야 함은 물론, 장기간 사용에도 염분 등에 의한 부식으로 강도의 저하가 없어야 한다. 지지물은 크게 철탑, 철주, 강관 전주, 목주, 철근 콘크리트주 등으로 구분된다. 154〔kV〕급 이상의 송전 선로 지지물로는 거의 철탑을 사용하고 있다.

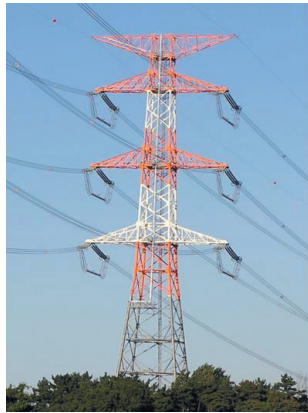
(1) **철탑**

철탑은 아연 도금을 한 형강들을 볼트를 이용하여 조립한 것으로 다리별로 단독 기초를 가지고 있다. 철탑은 송전 선로 지지물의 주종을 이루고 있으며 전압, 회선 수,

---

■ **66[kV]** | 전력 사업 초기에 건설되어 현재 강원 등 몇몇 곳에서만 운영되고 있으며 장기적으로 철거될 전압 방식이다.

전선 굵기, 경간, 경과지의 지형 등에 따라 여러 가지 형태의 것들이 사용된다.

(a) 1회선용 철탑

(b) 2회선용 철탑

(c) 4회선용 철탑

그림 II-3 철탑

1) **4각 철탑** : 4면이 동일한 모양과 강도를 가진 철탑으로, 설계가 용이하고 안전도가 크기 때문에 가장 많이 사용하고 있다.

2) **방형 철탑** : 서로 마주 보는 2면이 각각 동일한 모양과 강도를 가진 철탑으로 주로 1회선용으로 사용된다.

3) **우두형 철탑** : 소머리처럼 중간부 이상이 넓은 형의 철탑으로 초고압 송전선이나 눈이 많은 산악 지대용 철탑으로 사용된다.

4) **문형 철탑** : 갠트리(gantry) 철탑이라고도 하며, H형 철탑으로서 전차(電車) 선로 또는 도로나 하천 등을 횡단하는 선로에 사용된다.

5) **회전형 철탑** : 철탑의 중간부 이상과 이하가 서로 45° 회전된 것과 같은 형태의 철탑으로 철탑 부재의 강도를 가장 유효하게 이용한 것이다.

6) **MC 철탑** : 콘크리트를 채운 강관형 철탑으로, 철강재가 적게 들어 경량화가 가능하며 운반 조립이 쉽다.

(2) 철주

철주는 철탑과 마찬가지로 강재로 이루어지며 송전 용량 66〔kV〕 이하의 송전 선로에 주로 사용되고 있다. 철주는 한 개의 기초 위에 세우는 점이 철탑과 다르다.

(3) 강관 전주

강관 전주는 재질이 철관이고 토막 구조로 되어 있어 운반이 용이하기 때문에 협소한 지역의 시공에 사용된다.

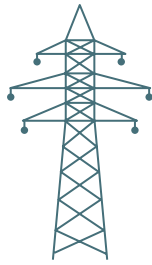
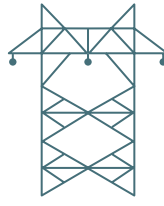
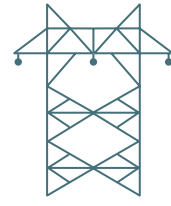
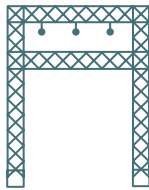
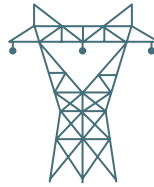
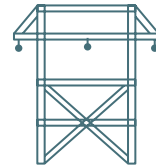



그림 II-4 철탑의 종류

3. 전선

(1) 전선의 조건

전기의 수송로인 전선은 전기적 성능과 혹독한 자연 조건에도 견디는 기계적 성능을 겸비하여야 한다. 가공 송전선은 피복이 없는 나전선을 주로 사용하고 있으며, 다음 각 조건을 구비하여야 한다.

① 도전율이 높을 것

② 기계적 강도가 클 것

③ 가공성이 클 것

④ 내구성이 있을 것

⑤ 비중이 작을 것

⑥ 가격이 저렴할 것

⑦ 공사 · 보수상 취급이 용이할 것

(2) 전선의 종류

가공 송전선은 구조상으로는 단선, 연선 등으로 구분하며, 조합에 따라 단도체, 복

도체로 나눌 수 있다.

1) 단일 연선

단일 연선이란 동일한 재질의 단선을 수 조~수십 조개 꼬아 합친 것으로서, 전선을 구성하고 있는 각각의 단선을 소선이라 하고 1본의 소선을 중심으로 그 주위에 다른 소선을 층으로 꼬아 합친 것을 단일 연선이라 한다.

대표적인 단일 연선으로 도전율이 높은 경동연선(HDCC: hard drawn copper cable)이 있으나, 가격이 고가이며 무거워 거의 사용하지 않고 있다.

2) 합성 연선

대부분의 가공 송전 선로에서 주로 사용하는 합성 연선은 2종류 이상의 금속선을 꼬아 합친 강심 알루미늄 연선이 대표적이다. 강심 알루미늄 연선(ACSR: aluminium conductor steel reinforced)은 비교적 도전율이 높은 경알루미늄선을 인장 강도가 큰 강선 또는 강연선의 주위에 합쳐 꼬아 만든 것이다. 기계적 강도가 크고 중량이 가벼워 장경간용으로 적합하고, 단면적이 크기 때문에 코로나 방지라는 측면에서도 장점이 있다.

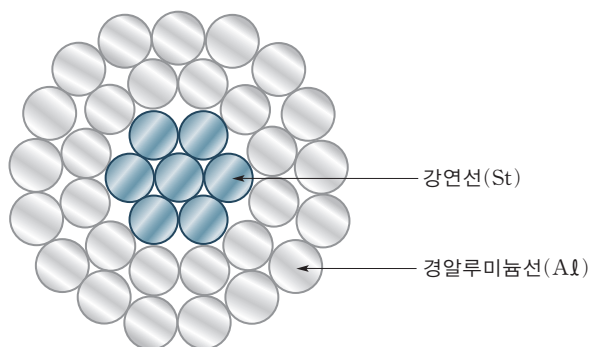
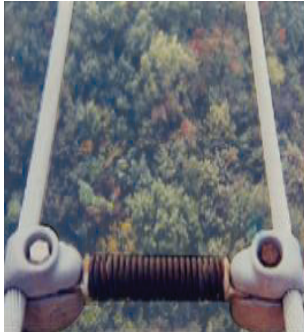



그림 II-5 ACSR 단면

⑶ 단도체와 복도체

송전 전압이 낮은 송전 선로에서는 각각의 상에 사용하는 전선을 한 가닥으로 하는데, 이러한 방식을 단도체 방식이라고 한다. 그러나 송전 전압이 높은 경우에는 각 상의 전선을 한 가닥으로 하면 코로나 발생 개시 전압이 낮아져 코로나가 발생하기 쉽다. 이를 방지하기 위하여 한 상당 두 가닥 이상의 전선을 사용하는데, 이를 복도체 방식이라고 한다.

복도체 방식의 경우에는 그림 Ⅱ-6과 같이 송전 선로에 스페이서를 사용하여 전선

상호간의 간격을 일정하게 유지하도록 한다. 우리나라에서는 154〔kV〕 송전선에는 ACSR 410〔mm^2〕 2도체 방식, 345〔kV〕 송전선에는 ACSR 480〔mm^2〕 2도체 또는 4도체 방식, 765〔kV〕 초고압 송전선에는 ACSR 480〔mm^2〕 6도체 방식을 사용하고 있다.

(a) 2도체 방식

(b) 4도체 방식

(c) 6도체 방식

그림 II-6 복도체 방식

(4) 전선의 허용 전류

전선에 전류가 흐르면 열이 발생하여 전선의 온도가 상승한다. 전선의 온도가 어느 한계 이상으로 높아지면 전선의 인장력 등 특성이 저하되어 단선될 우려가 있다. 따라서 연속하여 전류가 흐를 경우 안전하게 보낼 수 있는 전류를 허용 전류라 하며, 정상 상태에서 전선에 흐르는 전류는 허용 전류를 초과하지 않도록 하여야 한다.

(5) 송전선의 코로나 현상

송전 선로에서 발생되는 코로나는 송전선의 전계 강도가 주위의 공기절연 파괴 강도를 초과하여 전선 주위의 공기가 이온화되어 국부적으로 절연이 파괴되는 현상을 말한다. 코로나가 발생되면 라디오나 TV의 시청 등에 지장을 주며 전력 손실도 발생한다. 코로나 발생은 전선에 흐르는 전류와는 관계가 없고 인가전압과 전선 표면 조건, 주위 대기 여건에 의하여 영향을 받으며, 전선 직경이 클수록 코로나 발생이 감소된다. 송전 선로에서 전선을 복도체로 하는 것은 도체의 직경을 크게 하여 코로나를 억제하고 송전 용량을 증가시키기 위함이다.

(6) 전선의 절연 간격

송전 선로의 절연은 철탑과 전선 간은 애자에 의하여 절연되고, 그 밖에는 공기에 의하여 절연되고 있다. 일반적으로 전선과 지지물 사이의 소요 이격 거리를 절연 간격이라 한다.

(7) 송전선의 이도

가공 송전선에서는 전선을 느슨하게 가선해서 약간의 이도(dip)를 가지도록 하고 있다. 이도는 전선의 양쪽 지지점을 연결하는 수평선으로부터 밑으로 내려가 있는 길이를 말한다. 겨울철 혹한기에는 기온이 낮아 전선이 수축되며, 착빙 형성 또는 풍압을 받게 되는 경우 더욱 하중이 증가하고 전선에 미치는 장력도 커지게 된다. 반대로 여름철에는 기온이 높아지고 전선 내부에서 발생하는 열에 의해서 전선이 팽창하여 이도가 커지게 된다. 따라서 가선할 때에는 하중 조건과 온도 조건을 고려하여 적절한 이도와 장력을 갖도록 시설하여야 한다. 식 Ⅱ-1은 경간이 S일때 전선의 이도 d는 경간 길이의 제곱과 전선 중량에 비례하고 전선의 수평장력에 반비례함을 나타내는 식이다.

$$d = \frac{WS^2}{8T} \text{〔m〕} \quad \cdots\cdots (\text{Ⅱ}-1)$$

여기서, S : 경간〔m〕, d : 전선의 이도〔m〕

W : 전선의 중량〔kg/m〕, T : 전선의 수평장력〔kg〕

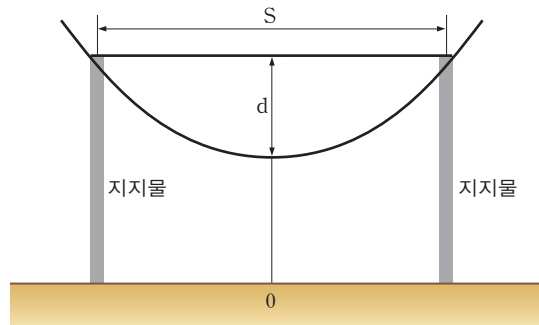



그림 Ⅱ-7 전선의 이도

4. 애자

전선을 철탑의 완철에 기계적으로 고정시키고 전기적으로 절연하기 위해서 사용하는 절연 지지체를 애자라고 한다. 일반적으로 애자의 구비 조건은 충분한 절연 내력, 외부 하중에 대한 기계적 강도, 자연 현상에 대한 전기적 · 기계적 성능의 유지, 그리고 가벼운 무게와 저렴한 가격 등이다. 이러한 조건들을 만족시킬 애자의 절연체로 경질 자기가 사용되고 있다. 최근에는 실리콘 등의 소재로 개발된 폴리머 애자가 자기 애자에 비해 가볍고, 저렴하며, 오손 특성이 우수하여 확대 사용되고 있다.

(1) 애자의 종류

1) 현수 애자

현수 애자(suspension insulator)에는 그림 Ⅱ-8의 (a), (b)와 같이, 애자를 연결하는 방법에 따라 클레비스(clevis)형과 볼 소켓(ball socket)형이 있다. 우리나라의 경우 활선작업 등의 편리함으로 인해 주로 볼 소켓형이 사용되고 있다. 현수 애자의 절연 재료는 경질 자기나 경질 유리를 사용하며, 철재 캡(cap)과 철재 핀을 애자 또는 유리에 시멘트로 붙인 것이다. 현수 애자는 전압의 크기에 따라 보통 수 개 또는 수십 개를 체인 형태로 연결하여 애자련을 만들어 사용하고 있다.

(a) 클레비스형 현수 애자 (b) 볼 소켓형 현수 애자 (c) 장간 애자

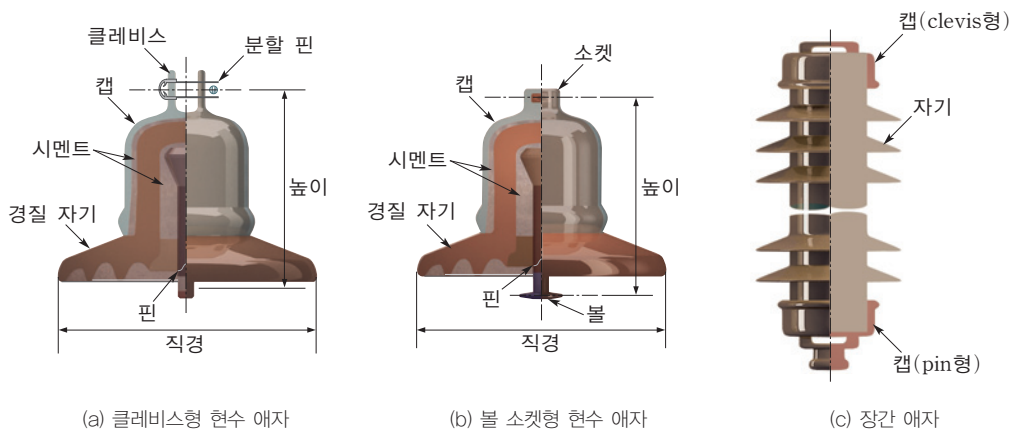



그림 Ⅱ-8 현수 애자와 장간 애자

2) 장간 애자

그림 Ⅱ-8의 (c)와 같이 장간 애자는 많은 갓을 가지고 있는 원통형의 긴 애자이다. 구조의 특징상 열화 현상이 거의 없고, 애자 점검과 보수가 용이하여 경비가 절감되며, 비에 의한 세척 효과가 좋고 오손 특성이 양호하므로 염해 지역에서 사용되고 있다.

(2) 애자의 전기적 특성

1) 애자의 정전 용량

현수 애자는 캡과 핀 또는 볼 사이에 각각 정전 용량이 존재한다. 특히 비가 내리면 자기의 표면이 젖기 때문에, 마치 평행판 콘덴서의 극판 면적이 증가한 것처럼 되어 정전 용량도 이에 따라 증대하게 된다.

2) 섬락 전압

애자의 양 전극 사이에 전압을 인가한 뒤 전압을 서서히 올리면 양쪽 전극 사이의 공기를 통하여 방전이 발생하게 되는데, 이때의 전압을 섬락 전압이라고 한다. 섬락 전압은 애자가 건조한 상태에서 섬락할 때의 전압값을 건조 섬락 전압이라 하고, 비에 젖은 애자가 섬락할 때의 전압값을 주수 섬락 전압이라고 한다.

3) 애자의 전압 분포

현수 애자는 여러 개를 연결하여 사용하는 것이 보통이다. 이때 각각의 현수 애자에 인가되는 전압은 애자의 위치에 따라 다른데, 전선에 가장 가까운 애자에서 전압이 가장 높고 중간 부분이 가장 낮으며 지지물에 가까워지면 다시 인가전압이 상승한다. 이와 같이 각 애자의 분담 전압이 서로 다르기 때문에 애자의 수를 늘려도 그 개수에 비례하여 절연 내력이 증가하는 것은 아니다.

5. 전선의 진동과 도약

전선의 직각 방향에서 수평으로 바람이 불면 전선의 배후에서 소용돌이 현상이 일어나는데, 전선의 고유 진동수와 같아지면 공진을 일으켜 전선이 상하로 진동하게 된다. 이러한 진동이 장시간 지속되면 전선의 일정한 부분이 응력을 받아 단선이 발생하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위한 보호 장치는 다음과 같다.

(1) 댐퍼

댐퍼(damper)는 클램프 가까이에 적당한 중량의 추를 설치하여 진동 에너지를 흡수함으로써 진동 발생을 방지하는 것으로, 우리나라에서는 SB댐퍼(stock bridge damper)를 사용하고 있다. 그림 Ⅱ-9는 댐퍼가 전선에 설치된 모양이다.

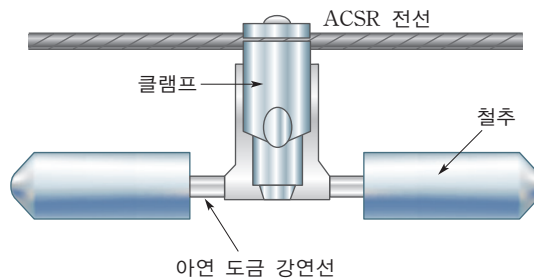



그림 Ⅱ-9 댐퍼

(2) 철탑의 오프셋

동절기에 전선의 주위에 부착했던 빙설이 떨어지면 전선이 갑자기 장력을 잃게 되면서 반발력으로 튀어 올라 상부의 전선과 접촉하여 단락 사고를 일으키는 수가 있다. 도약으로 사고가 발생하는 것은 상이 다른 전선이 동일 수직면에 가깝기 때문으로, 빙설이 많은 지역에서는 그림 Ⅱ-10과 같이 철탑으로부터 전선의 오프셋을 충분히 주어야 한다.

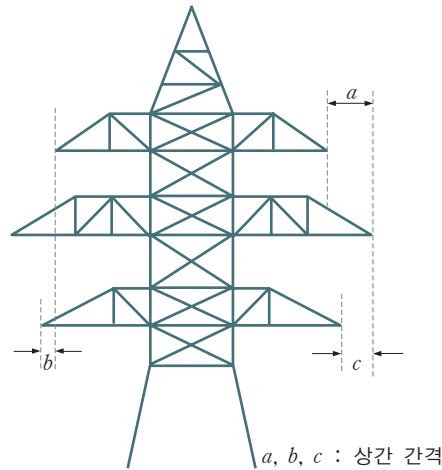



그림 Ⅱ-10 철탑의 오프셋

3 지중 송전 선로의 구성

1. 지중 송전 선로의 개요

지중 송전 선로는 가공 송전 선로에 비하여 건설비가 많이 들지만, 지하에 매설되기 때문에 주위 환경의 영향을 받지 않아 전력 공급 신뢰도를 높일 수 있다. 뿐만 아니라 가공 송전 선로에 비해 기후 조건의 영향이 적고, 도시 미관을 저해하지 않으며, 통신선에 대한 유도 장해가 적다. 또한 도체 단면적을 크게 할 수 있기 때문에 수요 밀도가 높은 도심 지역의 전력 공급에 적합하다. 하지만 지중 선로는 고장이 발생하면 고장 지점을 발견하기가 어렵고, 발견 후에도 고장 복구 시간이 많이 걸리는 문제가 있다.

2. 전력 케이블의 종류

케이블의 기본적 구조는 전류를 흘리는 도체부와 절연부, 이들의 기능을 외부로부터 보호하기 위한 보호부(차폐, 금속 시즈, 보호층 등)의 3개 주요 부분으로 구성되어 있다.

케이블은 일반적으로 절연 방식에 따라 분류되는데 기름을 함침한 절연지(유침 절연지)를 사용하는 것과 폴리에틸렌 등과 같은 고분자 화합물을 절연체로 사용하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 종래에는 유침 절연지의 OF(oil filled) 케이블이나 POF(pipe type oil filled) 케이블이 사용되어 왔으나, 최근에는 가교 폴리에틸렌의 가공 기술이 발달하여 XLPE(cross−linked polyethylene) 케이블이 점점 확대되고 있다.

(1) OF 케이블

그림 Ⅱ−11의 OF 케이블은 신뢰성이 높고, 경제적으로 우수하여 널리 사용된 케이블로 유침 절연지를 절연체로 사용한다. 케이블 내부에 기름 통로를 넣고, 절연유를 충전하여 케이블 외부에 설치된 유압 조정 탱크에 의해 절연유에 상시 대기압 이상의 압력을 가하여 공극이 발생하지 않도록 하여 안정된 절연 성능을 갖도록 한 케이블이다. 현재 우리나라에서는 일부 시설이 남아 있으나, 최근에는 거의 사용하지 않고 있다.

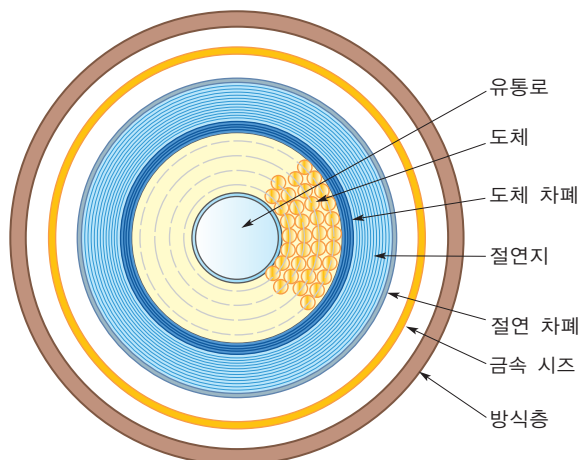



그림 Ⅱ−11 OF 케이블 단면

(2) XLPE 케이블

그림 Ⅱ−12는 가교 폴리에틸렌 절연 비닐 외장 케이블의 단면이다. XLPE 절연 케이블은 폴리에틸렌을 화학적 처리에 의해 가교 폴리에틸렌으로 변형하여 절연체로 사

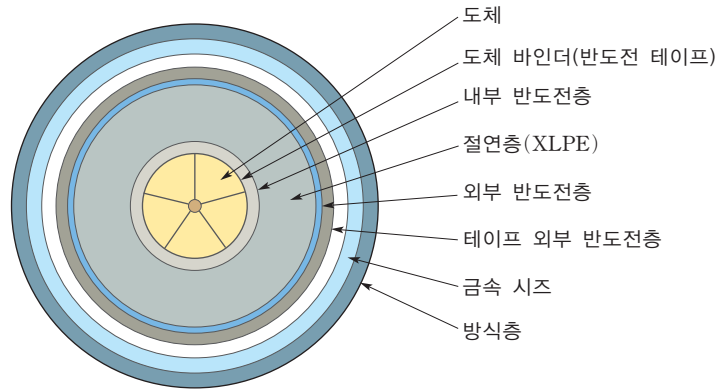



그림 II-12 초고압 XLPE 케이블 단면

용하고 있다. XLPE 케이블은 가볍고, 절연 성능이 우수하며, 접속 작업이 용이하다. 또한 절연유를 사용하지 않기 때문에 보수, 점검이 용이하고, 도체의 허용 온도가 높기 때문에 전류 용량이 큰 장점이 있어 600〔V〕의 저압에서 500〔kV〕의 초고압에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있다.

3. 전력 케이블의 시공 방식

전력 케이블의 시공 방법으로는 관로 인입식(관로식), 전력구식, 직접 매설식(직매식)의 세 가지 방법이 주로 사용되고 있다. 시공 방식이 비슷하므로 추후 배전 시공 방식에서 자세히 설명하고자 한다.

4 선로 정수

1. 선로 정수 개요

송전 선로는 저항 R, 인덕턴스 L, 정전 용량 C, 그리고 누설 컨덕턴스 G의 4가지 정수를 가진 연속된 전기 회로이다. 이들 정수를 선로 정수라고 하며, 송배전 선로의 전기적 특성인 전압 강하, 손실 등을 계산하는 데 필요하다. 선로 정수는 모든 전선로에 분포되어 있지만 개략적인 계산을 할 경우에는 선로 정수가 한 개소 또는 수 개소에 집중되어 있는 것으로 취급한다. 그러나 장거리 송전 선로에 대하여 정밀한 계산을 할 경우에는 선로 정수가 전선로에 따라서 균일하게 분포하고 있는 회로로 취급하여야 한다.

2. 가공 선로의 선로 정수

(1) 저항

전류의 흐름을 방해하는 전선의 저항은 재료와 온도에 따라서 변한다. 전기 저항은 상온 20[℃]에서 전선의 단위 길이당 저항값으로 나타낸다. 도체에 교류전류가 흐르면 전류의 흐름이 도체 단면적에 균일하게 흐르지 않고 도체 표면에 집중되는 현상이 발생하는데 이를 표피 효과(Skin effect)라고 한다. 이러한 표피 효과 때문에 교류 회로가 직류 회로에 비해 전선의 실효 저항이 크게 나타나게 된다.

(2) 인덕턴스

송전 선로에 전류가 흐르면 자연적으로 인덕턴스가 나타나게 된다. 3상 3선식 송전 선로의 경우, 각 선의 위치가 다르기 때문에 각 상의 인덕턴스가 달라지고, 따라서 선로의 전압 강하도 달라진다. 그러므로 송전 전압이 평형이 되어 있다 하더라도 전압 강하 차에 의해 수전단 전압은 불평형 상태가 되게 된다. 이러한 불평형 상태를 방지하기 위하여 그림 Ⅱ-13과 같이 전 구간을 3등분하여 전선의 배치를 상호 바꿈으로써 전 구간에서 각 전선의 인덕턴스를 같게 유지하는데, 이것을 연가라고 한다.

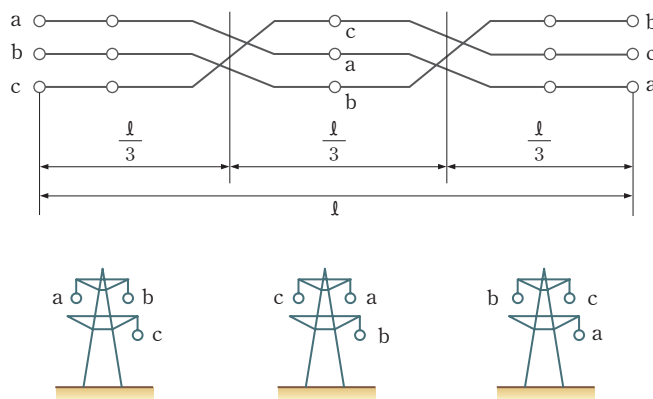



그림 Ⅱ-13 송전 선로의 연가

(3) 정전 용량

가공 송전 선로의 전선 상호간, 전선과 대지 사이에는 공기를 유전체로 하는 선간 정전 용량과 대지 정전 용량이 생긴다. 그러므로 선로에 전압이 가해지면 충전 전류가 흐른다. 송전 선로에서는 이 값을 무시할 수 없으며, 선간 정전 용량과 대지 정전 용량을 합하여 작용 정전 용량 또는 정전 용량이라고 한다. 그림 Ⅱ-14는 2도체 선로의 정전 용량을 표시한 것이다.

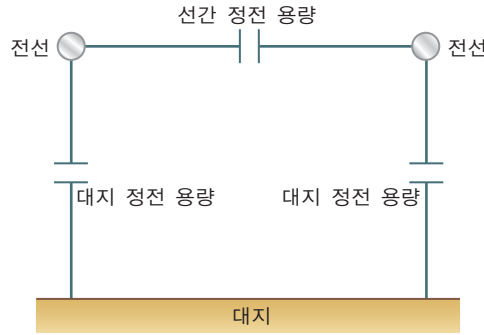



그림 II-14 2도체 선로의 정전 용량

(4) 누설 컨덕턴스

송전 선로의 누설 저항은 애자 표면의 누설 전류에 대한 저항이 대부분으로 그 값은 매우 크다. 그러나 누설 컨덕턴스는 누설 저항의 역수이므로 아주 작은 값이 된다. 따라서 송전 선로의 누설 컨덕턴스는 실용상 무시해도 된다.

3. 지중 선로의 선로 정수

(1) 저항

케이블은 도체로 연동선을 사용한다. 도체의 저항값은 직류 회로보다 교류 회로에서 약간 크게 나타난다. 표피 효과와 도체 간격이 작아지기 때문에 나타나는 근접 효과에 의해서 저항이 증가하기 때문이다.

(2) 인덕턴스

심선 한 가닥 당의 인덕턴스는 외장과 연피를 무시하면 가공 송전선의 경우와 같다.

(3) 정전 용량

케이블의 정전 용량은 선간 거리 대신에 절연체(연피)의 반지름을 사용하기 때문에 가공 송전선에 비해 약 30배 정도로 크다.

5 중성점 접지방식과 유도 장해

1. 중성점 접지방식

송전 계통은 3상 3선식으로 Y결선의 중성점을 접지하는 방식을 채택하고 있다. 중성점의 접지 문제는 송전선과 기기의 절연 설계, 통신선 유도 장해, 고장 구간의 검출

을 위한 보호 계전기의 동작 등에 커다란 영향을 미친다. 중성점 접지방식의 종류는 비접지방식, 직접 접지방식, 저항 접지방식, 소호 리액터 접지방식으로 나눌 수 있다. 우리나라의 경우 고장시 계전기의 동작이 확실하고, 선로와 기기의 경제적 설계가 가능한 직접 접지방식을 채택하고 있다.

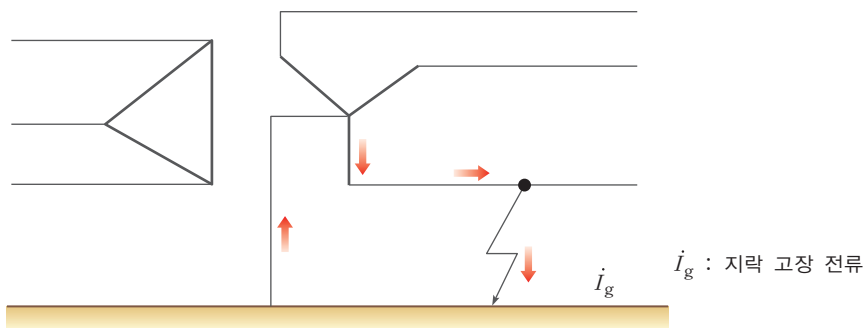



그림 II-15 직접 접지방식

2. 유도 장해

우리나라에는 지형 관계상 송전선과 통신선이 근접해서 시공될 경우가 많다. 전력선이 통신선에 근접해 있을 경우 통신선에 전압과 전류를 유도해서 여러 가지 장해를 일으키게 되는데, 이러한 유도 장해의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 정전 유도

전력선과 통신선의 상호 정전 용량의 불평형에 의해 발생하는 것으로 고장시 뿐만 아니라 선로가 정상 상태일 때도 통신선에 잡음을 일으키는 등의 문제를 발생시킨다.

(2) 전자 유도

전력선과 통신선의 상호 인덕턴스에 의해 발생하는 것으로 지락 고장시 통신기기 장애를 발생시키게 된다.

(3) 고조파 유도

고조파 유도에 의해 잡음 장해가 생긴다.

이와 같은 유도 장해의 경감 대책으로는 정전 유도의 경우 송전 선로와 통신 선로의 이격 거리 유지, 송전 선로와 통신 선로의 차폐, 송전 선로의 충분한 연가 등이 있다. 전자 유도 장해의 경우에는 이격 거리 유지, 차폐선 또는 가공 지선의 설치, 송전 선로의 부하 평형 유지, 통신 선로 차폐 케이블화, 피뢰기 설치 등의 방법이 있다.

6 이상(異常) 전압

송전 계통의 이상 전압에는 차단기의 개폐시 나타나는 개폐서지와 같이 내부에서 발생하는 내부 이상 전압과 직격뢰나 유도뢰와 같이 외부 요인에 의해 침입하는 외부 이상 전압으로 구분할 수 있다.

1. 내부 이상 전압

(1) 고장 발생시 이상 전압

송전 선로의 한 선이 지락되거나 선로의 일부가 다른 물체에 접촉되어 절연이 파괴되면 그 부분이 접지되어 아크 상태의 전류가 지속적으로 흐르게 된다. 이때 발생하는 이상 전압은 평상시보다 훨씬 크게 나타난다.

(2) 계통 조작시 이상 전압

송전 선로의 개폐 조작에 따른 과도 현상으로 발생하는 이상 전압을 개폐서지라고 한다. 일반적으로 회로를 투입할 때보다 개방하는 쪽이, 또 부하가 있을 때보다 무부하의 회로를 개방하는 쪽이 더 높은 이상 전압이 발생한다. 그러므로 이상 전압이 가장 큰 경우는 무부하 송전 선로의 충전 전류를 차단할 때이다.

2. 외부 이상 전압

(1) 직격뢰에 의한 이상 전압

송전 선로의 도선, 지지물 또는 가공 지선이 직격뢰를 받아 그 뇌격 전압으로 선로의 절연이 위협받게 되는 경우를 말하며, 송전 선로의 절연이 직격뢰에 의한 이상 전압에 견딜 수 없는 경우에는 섬락(flashover)과 같은 방전이 일어나게 된다.

(2) 유도뢰에 의한 이상 전압

뇌운 상호간 또는 뇌운과 대지 사이에서 방전이 일어났을 때, 방전 경로 부근이나 뇌운 밑에 있는 송전 선로 상에 이상 전압이 발생하는 경우를 말한다. 일반적으로 유도뢰에 의한 이상 전압은 발생 횟수는 많지만 위험성은 적은 편이다.

3. 이상 전압 방지 대책

송전 계통에서 이상 전압 방지 대책으로는 피뢰기 설치, 가공 지선 설치, 철탑 접지 저항의 저감 등을 들 수 있다. 피뢰기는 정상 전압의 수 배에 달하는 이상 전압이 선

로상에 발생하면, 내습하는 이상 전압을 대지로 방전시켜 주요 기기를 보호한다. 가공 지선은 송전선의 상부에 설치하여 송전선을 직격뢰로부터 보호하는 데 주목적이 있다. 선로 상에 유도뢰 전압이 발생되는 경우에도 유도 전압을 저감시키는 역할을 한다. 철탑의 가공 지선에 직격뢰가 내습했을 때 가끔 철탑으로부터 전선 쪽으로 섬락이 일어나는 경우가 있는데, 이러한 현상을 철탑 역섬락 현상이라고 한다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 철탑의 접지 저항을 작게 하여야 한다. 이를 위해 아연 도금이 된 철 연선을 방사상으로 매설하여 접지 저항을 낮추고 있다. 이를 매설 지선이라고 한다.

탐 | 구 | 활 | 동

지중 송전 선로 시공 방법 3가지를 들고, 그 장 · 단점에 대하여 조사해 보자.

단원 학습 정리

1 송전 계통의 구성

(1) 송전 계통의 개요 : 송전 선로와 배전 선로, 경제성과 신뢰성이 중요한 요소
(2) 송전 선로의 구성 : 발전소 – 1차 변전소 – 2차(배전용) 변전소
(3) 송전 방식 : 교류 송전 방식, 직류 송전 방식

2 가공 송전 선로의 구성

(1) 지지물 : 철탑, 철주, 강관 전주, 목주, 철근 콘크리트주 등
(2) 전선 : 전기의 수송로로서 전기적 성능과 기계적 성능을 겸비하여야 한다.
(3) 선로에서 각각의 상에 전선을 한 가닥으로 하는 단도체와 두 가닥 이상으로 하는 복도체가 있다.
(4) 전선의 허용 전류 : 연속하여 전류가 흐를 경우 안전하게 보낼 수 있는 전류
(5) 송전선의 코로나 현상 : 전선 주위의 공기가 이온화되어 국부적으로 절연이 파괴되는 현상
(6) 전선의 절연 간격 : 전선과 지지물 사이의 소요 이격 거리
(7) 송전선의 이도 : 전선의 양쪽 지지점을 잇는 수평선으로부터 밑으로 내려가 있는 길이
(8) 애자 : 현수 애자, 장간 애자
(9) 전선의 진동과 도약 : 보호 장치로 댐퍼를 설치하고 철탑의 오프셋을 충분히 준다.

3 지중 송전 선로의 구성

(1) 지중 송전 선로의 개요 : 가공 송전 선로에 비해 전력 공급 신뢰도를 높일 수 있고, 유도 장해가 적다.
(2) 전력 케이블의 종류 : 도체부, 절연부, 보호부로 구성, OF 케이블, XLPE 케이블 등
(3) 전력 케이블의 시공 방식 : 관로식, 전력구식, 직매식

4 선로 정수

저항, 인덕턴스, 정전 용량, 누설 컨덕턴스의 4가지 정수를 가진 연속된 전기 회로로서 가공 선로의 선로 정수와 지중 선로의 선로 정수가 있다.

5 중성점 접지방식과 유도 장해

(1) 중성점 접지방식 : 비접지방식, 직접 접지방식, 저항 접지방식, 소호 리액터 접지방식
(2) 유도 장해 : 정전 유도, 전자 유도, 고조파 유도

6 이상 전압

(1) 이상 전압의 종류 : 내부 이상 전압, 외부 이상 전압
(2) 이상 전압 방지 대책 : 피뢰기나 가공 지선 설치, 철탑 접지 저항의 저감

단원 종합 문제

1 교류 송전 방식에 비하여 직류 송전 방식의 장점이 아닌 것은?

① 통신선의 유도 장해가 적다.
② 표피 효과나 근접 효과가 없어 송전 손실이 적다.
③ 전압의 승압이나 강압이 쉽다.
④ 선로의 절연이 용이하다.
⑤ 선로의 리액턴스가 없으므로 안정도가 높다.

2 송전 설비에 쓰이는 애자에 대한 설명으로 알맞지 않은 것은?

① 현수 애자의 종류로는 클레비스형과 볼 소켓형이 있다.
② 우리나라에서는 주로 클레비스형이 쓰이고 있다.
③ 볼 소켓형 현수 애자가 활선작업을 하기에 쉽다.
④ 현수 애자의 절연 재료는 경질 자기나 경질 유리를 쓴다.
⑤ 염해 지역에서 주로 쓰이는 애자로는 장간 애자가 있다.

3 송전 선로에 사용되는 애자에 대한 내용 중 틀린 것은?

① 온도의 급변에 잘 견디고 습기도 잘 흡수하여야 한다.
② 지지물에 전선을 지지할 수 있는 충분한 기계적 강도를 갖추어야 한다.
③ 최근에는 실리콘 등의 소재로 개발된 폴리머 애자가 확대 사용되고 있다.
④ 장간 애자는 오손 특성이 양호하여 염해 지역에서 사용되고 있다.
⑤ 애자를 연결하는 방법에 따라 클레비스형과 볼 소켓형이 있다.

4 송전 선로에서 복도체를 사용하는 이유는?

① 철탑의 하중을 평형화한다.
② 선로의 진동을 없애는 역할을 한다.
③ 코로나를 방지하고 인덕턴스를 감소시킨다.
④ 선간 절연 간격을 확보한다.
⑤ 이상 전압을 제한하는 역할을 한다.

5 송전선을 연가하는 주된 목적은?

① 인덕턴스를 같게 하여 선로 정수를 평형시키기 위해
② 선로의 저항을 균일하게 유지하지 위해
③ 정전 용량을 같게 하여 선로 정수를 평형시키기 위해
④ 누설 컨덕턴스를 줄이기 위해
⑤ 송전선을 절약하기 위해

6 지중 송전 선로에 대한 설명 중 잘못된 것은?

① 지중 송전 선로는 가공 송전 선로에 비해 건설비가 많이 들지만 공급 신뢰도가 높다.
② 전력 케이블의 기본 구조는 절연부, 보호부, 도체부로 나눌 수 있다.
③ XLPE 케이블은 절연유를 쓰기 때문에 가볍고 절연 성능이 우수하다.
④ 전력 케이블 시공 방식으로는 관로식, 전력구식, 직매식 등의 방법이 있다.
⑤ 지중 송전 선로는 고장이 생기면 고장점을 발견하기 어렵고 복구 시간이 오래 걸린다.

정답 | 1 ③ 2 ② 3 ① 4 ③ 5 ① 6 ③

인용 및 참고 문헌

• 송길영(2003). 「최신 송배전공학」. 동일출판사.
• 이은학 외 4인(2004). 「송배전공학」. 동일출판사.
• 한국전력(2009). 「신입송변전기초 Ⅰ」. KEPCO Academy.
• 한국전력(2009). 「신입송변전기초 Ⅱ」. KEPCO Academy.
• 한국전력(2009). 「신입송변전기초 Ⅲ」. KEPCO Academy.

2 변전

학습 목표 |

1. 변전 계통의 구성에 대하여 설명할 수 있다.
2. 변전소에 사용되는 기자재를 설명할 수 있다.
3. 변전 계통에서 일어나는 전기적 현상을 설명할 수 있다.

1 변전소

1. 변전소의 역할

발전소에서 생산된 전력은 소비지까지 경제적으로 송전하여야 한다. 발전소에서 만들어진 전기 에너지를 먼 수요자에게 효율적으로 보내기 위해서는 전압을 높여 송전선에 흐르는 전류를 작게 하고 송전선의 저항으로 소비되는 전력을 가능한 한 작게 해야 한다. 또한 전기를 사용할 때는 안전하고 사용하기 쉬운 전압으로 변환할 필요가 있다. 이와 같이 전압을 적절한 값으로 바꾸는 역할을 변전소에서 한다. 또한 변전소는 접속된 송전선을 통해 각 곳에서 전기를 모아 필요한 곳으로 배분함과 동시에 전압을 적절하게 유지, 조정하며, 만일 사고가 발생했을 때에는 즉시 이를 감지하여 사고 구간과 분리해서 전력 공급에 지장이 생기지 않도록 한다.

2. 변전소의 종류

변전소의 종류는 계통상의 위치에 따라 기간 계통 변전소와 부하 계통 변전소로 나눌 수 있다. 기간 계통 변전소는 발전소로부터 전력을 집중하여 345〔kV〕 또는 765〔kV〕로 승압한 뒤 다른 동일한 변전소 간을 연결하는 변전소를 의미한다. 부하 계통 변전소는 기간 계통과 연계되어 있는 변전소에서 전력을 최종적으로 사용하게 되는 수요자에게 배분하는 배전용 변전소를 의미한다. 또 변전소는 형식에 따라 옥외 변전소, 옥내 변전소, 지하 변전소로도 나눌 수 있다. 최근에는 도시 고밀화로 인하여 전력 소비 중심지에 변전소를 건설하는 것이 어려워짐에 따라 SF_6 가스를 이용한 가스 절연 개폐 장치(GIS: gas insulated switchgear)가 설치된 변전소가 확대되고 있는 추

세이다. 이 GIS의 기술을 통하여 변전 설비의 소형화, 고전압화, 대용량화, 고 신뢰도화를 이룰 수 있다. 그림 Ⅱ-16은 변전소의 형식상 분류이다.

(a) 옥외 철구형 변전소

(b) 옥외 GIS형 변전소

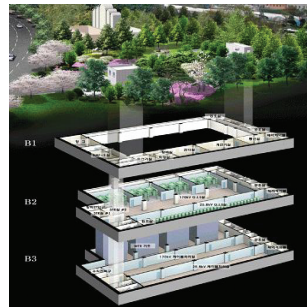
(c) 옥내 GIS형 변전소

(d) 지하형 변전소

그림 Ⅱ-16 변전소의 형식과 종류

(1) 옥외 철구형

주변압기와 개폐 설비 등 주요 기기를 모두 옥외에 설치하는 변전소로, 철제 구조물을 이용하여 설비를 구성하며 부지 면적이 많이 소요되어 농어촌 지역에 주로 설치된다.

(2) 옥외 GIS형

모선과 개폐 설비를 가스 절연 개폐 장치(GIS)를 이용하여 옥외에 구성한 변전소로, 중소 도시 지역이나 오염으로 공급 신뢰도가 우려되는 지역에 주로 설치된다.

(3) 옥내 GIS형

주변압기와 개폐 설비 등 주요 기기를 모두 옥내에 설치하는 변전소로, 대도시 지역, 주거 환경이 중요시되는 지역, 용지비가 고가인 지역에 주로 설치된다.

(4) 지하형

도심부에서 부지 선정에 어려움이 있는 경우 빌딩의 내부, 공원 지하 등에 설치하는 변전소로, 대부분의 설비가 지하에 설치된다.

3. 변전소의 구성 설비

변전소를 구성하는 구성 설비로는 주변압기, 차단기, 조상 설비, 단로기, 계기용 변성기, 피뢰 설비, 접지 설비, 배전반 등이 있다. 주변압기는 전압을 변성하는 역할을 하며, 차단기는 변전소 내의 점검 · 수리, 선로나 구내 전력 기기에 고장이 발생하였을 때 고장 전류를 차단한다. 조상 설비는 송 · 수전단의 전압을 조정하고 역률을 개선하며, 단로기는 선로로부터 기기를 분리, 구분, 변경한다. 계기용 변성기는 전력 계통의 전압, 전류 등을 계측하기 위해 필요하며, 피뢰 설비는 전력 시스템에 발생한 이상 전압으로부터 전력 기기를 보호한다. 또한 접지 설비는 접지사고 또는 낙뢰가 발생하였을 때 변전소의 전위 상승으로부터 기기의 위험을 막고, 배전반에서는 운전원이 계통과 기기의 상태를 감시하고 필요시 기기의 조작, 전압 · 전류 · 전력 등을 계측한다. 그리고 주변압기, 차단기, 조상 설비, 송전선, 배전선, 그 밖의 부속 설비들이 접속되어 있는 공통 도체를 모선(bus)이라 한다.

2 주변압기

1. 변압기의 개요

변압기란, 전자 유도 작용에 의하여 한쪽의 권선에 공급한 교류 전기를 다른 쪽의 권선에 동일 주파수의 교류 전기로 전압을 변환, 전달하는 정지 유도기이다. 적어도 2개 이상의 전기 회로를 구성하는 권선들과 1개의 공통된 자기 회로를 이루는 철심과 절연물로 구성되어 있다. 변압기는 사용하는 곳에 따라 전자 기기 등에 사용하는 소형

그림 II-17 주변압기

변압기, 배전 선로의 전주 위에 설치하는 주상 변압기, 지상 변압기, 발전소 또는 변전소에 설치하는 전력용 변압기 등으로 나눌 수 있다. 변압기는 단상용과 3상용의 두 가지가 있으며, 3상 변압기가 경제적으로 유리하지만, 기기 대용량화에 따른 수송 문제로 단상용 변압기가 많이 쓰이고 있다. 변전소에 설치하여 전압을 변성하는 변압기를 주변압기(main transformer)라고 하는데 철심, 권선, 절연 재료, 부속 장치로 구성된다. 본체 내부에 광유를 유입한 유입식이 많이 사용되고 있으며, 최근에는 SF_6 가스를 주입한 GIT(gas insulation transformer)가 개발되어 사용되고 있다.

(1) 변압기의 결선

변전소에서 사용되는 주변압기는 단상 변압기 3대를 조합하여 사용하고 있다. 실제 결선은 △－△, Y－Y, △－Y, Y－Y－△ 등으로 결선하여 사용하고 있는데, 이들의 결선 방법은 서로 다른 특징을 가지고 있다. 각각의 결선에 대하여 알아보자.

1) △－△ 결선 방식

유도 장해와 통신 장해가 적고, 1상의 권선에 고장이 발생해도 나머지 2대로 V 결선하여 운전할 수 있는 장점이 있다. 하지만 중성점을 접지할 수 없으므로 지락 사고의 검출이 곤란하고, 각 상 내부에 임피던스 차가 있으면 3상 부하가 평행되었어도 변압기의 부하 전류는 불평형이 된다.

2) Y－Y 결선 방식

중성점을 접지할 수 있으므로 절연이 용이하여 고전압의 결선에 적합하지만 중성점 접지시 제3고조파의 영향으로 통신에 유도 장해를 발생시킨다. 또한 부하의 불평형에 의해 중성점 전위가 변동하여 3상 전압의 불평형을 일으키게 되는 단점이 있다.

3) △－Y 결선 방식

발전소의 승압 변압기와 배전용 변압기로 이용되었으나, 점차적으로 Y－Y－△ 결선으로 바뀌고 있다.

4) Y－Y－△ 결선 방식

Y－Y 결선의 단점을 해소하고 Y－Y 결선의 장점에 △－△ 결선의 장점을 이용한 것으로서 3상 결선에서 가장 많이 이용되는 결선이며 주로 송배전용 변압기에 이용된다.

(2) 단권변압기

345〔kV〕 변전소에서 사용하고 있는 주변압기는 단권변압기(auto－transformer)이다. 단권변압기는 한 권선의 중간에 탭을 만들어 사용하는 변압기로, 권선의 일부분

이 1차와 2차를 공통으로 사용하고 있기 때문에 1, 2차 권선을 따로 사용하는 변압기에 비해 동량을 줄일 수 있다. 따라서 동손이 감소하여 효율이 좋아지고 온도 상승이 저하된다. 또한 일반 변압기에 비해 전압 변동률이 적은 장점도 가지고 있다. 그러나 1차측에 이상 전압이 발생하면 2차측에 영향을 주고 단락 사고가 발생하는 경우에는 단락 전류가 커서 기계적 강도가 커야 하는 단점이 있다. 단권변압기의 종류에는 그림 Ⅱ-18과 같이 2차측에 전압을 내려 주는 강압용 단권변압기와 2차측의 전압을 올려 주는 승압용 단권변압기가 있다.

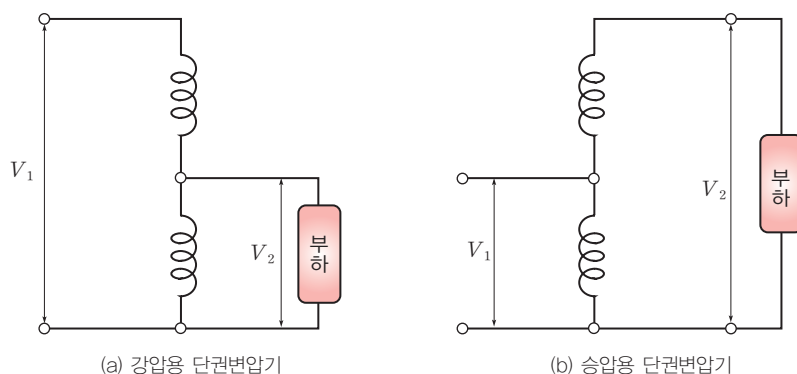



그림 Ⅱ-18 단권변압기의 종류

2. 변압기의 부속 장치

변압기의 구조는 본체, 부속 장치, 외함의 3가지로 크게 구분할 수 있다. 본체에는 내부의 주요 부분인 자계 회로를 형성하는 철심과 전기 회로를 형성하는 권선, 이들을 전기적으로 절연하는 절연물이 있다.

주요 부분이 기능을 잘 발휘할 수 있도록 하는 부속 장치로는 부싱, 냉각 장치, 절연유 보존 장치, 보호 장치, 계측 장치, 탭 절환 장치, 조작함 등이 있으며, 이들을 수용하는 외함이 있다. 그림 Ⅱ-19는 변압기의 중요 부속 장치를 나타낸 사진이다.

(1) 부싱

부싱은 변압기 내부에 있는 도체를 외함 또는 지지물을 통과하여 외부로 인출하는 역할을 하며 도체와 외부 사이를 절연시키는 중요한 부속이다. 부싱은 주로 자기로 제작되지만, 최근에는 폴리머, 에폭시 등 합성수지 애자가 사용되고 있다.

그림 Ⅱ-19 중요 부속 장치

⑵ 냉각 장치

변압기의 철심과 권선에서 발생하는 손실은 열로 변화되어 철심과 권선의 온도를 상승시킨다. 온도가 높아질수록 변압기의 절연물은 짧은 시간 내에 열화되어 결국은 조그만 쇼크에도 절연 파괴가 일어나게 된다. 따라서 변압기를 장기간 안전하게 운전하기 위하여 적당한 냉각 방식을 강구하여 발생된 열을 발산시켜 각부의 온도를 정해진 한도 이하로 유지하도록 하여야 한다. 변압기의 수명은 온도에 의하여 정해지므로 각부의 온도 상승과 냉각 문제는 변압기의 운전에 매우 중요하며, 변압기의 대용량화는 냉각 방식의 발전에 밀접한 관련이 있다. 변압기의 냉각 방식은 권선과 철심을 직접 냉각하는 매체와 이 매체를 냉각하는 외부 냉매의 종류, 그리고 순환 방식에 따라 여러 가지로 나뉜다.

1) 건식 자냉식

건식 자냉식은 일반적으로 10〔MVA〕 미만의 소용량 변압기에 사용된다.

2) 건식 풍냉식

건식 풍냉식은 권선 하부에 풍로를 만들어 송풍기로 바람을 보내서 냉각하는 방식이다. 500〔kVA〕 이상에 채용하고 있다.

3) 건식 밀폐 자냉식

건식 밀폐 자냉식은 권선과 철심을 밀봉한 함 속에 넣고 공기 또는 가스를 봉입하여, 내부 송풍기에 의해 가스를 순환시켜 냉각하는 방식이다.

4) 유입 자냉식과 유입 풍냉식

이 방식은 유지, 보수가 간단하여 가장 많이 사용되고 있다. 권선과 철심의 발열량은 전도와 대류에 의해 절연유에 전달되고, 절연유의 열이 외함과 방열기에 전해지며 외함과 방열기의 표면에서 방사와 공기의 대류에 의하여 냉각된다. 변압기의 용량 10～60〔MVA〕까지는 유입 자냉식 또는 유입 풍냉식을 사용하고 있다. 그림 Ⅱ-20은 유입 자냉식 방열기의 구조도이다.

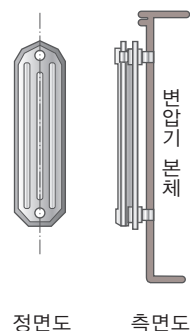



그림 Ⅱ-20 유입 자냉식 방열기

5) 송유 풍냉식

송유 풍냉식은 유입 자냉식에 절연유를 강제로 순환시키기 위하여 유(油)순환 펌프를 본체와 방열기 사이에 부착하고 송풍기를 방열기에 달아 냉각 성능을 향상시키는 방식이다. 변압기의 용량이 60〔MVA〕를 초과하는 경우에는 보통 송유 풍냉식을 사용하고 있다.

6) 송유 수냉식

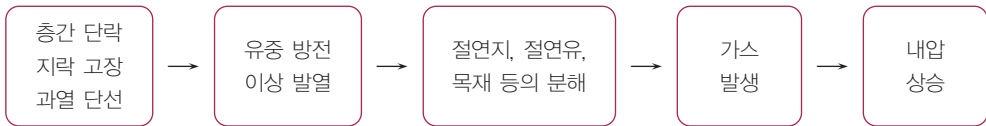
변압기를 옥내 또는 지하에 설치해야 할 경우가 있는데 이러한 경우에 송유 수냉식을 적용한다.

⑶ 보호 장치

변압기 내부에서 고장이 발생하면 표 Ⅱ-1과 같은 흐름에 의해 높은 압력이 생기게 되고 화재가 발생하게 될 수 있다. 따라서 이러한 사고를 막기 위해 보호 장치를 구비하고 있으며, 기계적 보호 장치와 전기적 보호 장치로 분류할 수 있다.

기계적 보호 장치로는 변압기 내부에 높은 압력이 순간적으로 발생할 때 일정 압력에서 차단기를 개방시키는 방압 장치, 변압기와 컨서베이터 사이에 설치되어 변압기

의 내부 고장을 검출하는 계전기인 부흐홀쯔 계전기, 그리고 충격 압력 계전기, 가스 검출 계전기, 부하시 전압 조정 장치 보호 계전기 등이 있다. 전기적 보호 장치로는 비율 차동 계전기, 거리 계전기, 과전류 계전기, 과전압 계전기가 있는데, 이는 변압기 운전 중 발생되는 상간 단락이나 층간 단락, 절연 파괴에 의한 지락, 고 · 저압 권선의 혼촉 등 변압기 내부 고장으로부터 보호하기 위하여 사용하고 있다.

표 Ⅱ-1 변압기 내부 고장시 흐름

(4) 절연유 보존 장치

높은 온도의 절연유가 직접 외기와 접촉하면 공기 중의 수분을 흡수하여 절연유의 절연 내력을 저하시켜 열화를 촉진하게 된다. 또한 절연유가 공기 중의 산소와 반응하여 유기산을 만들고 산화가 진행되면 슬러지가 생겨 권선과 철심의 냉각을 방해하고 절연물의 절연 내력을 저하시킨다.

절연유 보존 장치는 공기 중의 산소와 수분에 의한 절연유의 열화를 방지하는 장치로 변압기의 용량이 3〔MVA〕 미만이면 그림 Ⅱ-21과 같은 개방형 컨서베이터형을 사용하고, 3〔MVA〕 이상이면 공기주머니식, 질소 봉입형 또는 고무막식 컨서베이터형을 사용하는 것이 일반적이다. 그림 Ⅱ-22는 공기 중의 수분을 흡수하는 역할을 하는 흡습 호흡기의 내부 구조도이다.

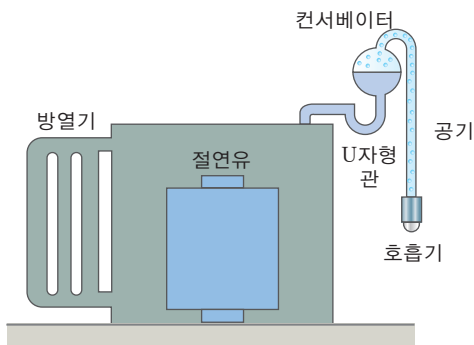



그림 Ⅱ-21 개방형 컨서베이터

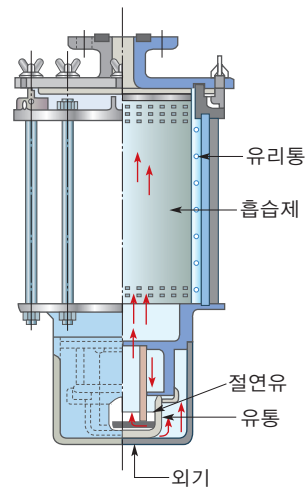



그림 Ⅱ-22 흡습 호흡기

3. 전압 조정 장치

변압기 1차측의 전원 전압이 변동하거나 혹은 부하의 크기나 역률이 변하면 그에 따라 2차 전압도 변동된다. 변전소에서는 전원 전압이나 부하 변동에 관계없이 2차 전압을 원하는 일정값으로 유지하기 위하여 고압측 권선에 탭을 설치하여 권수비를 변화시키는 형태의 전압 조정 장치를 사용하고 있으며, 주로 부하 전류가 흐르는 상태에서도 전압을 조정할 수 있는 부하시 전압 조정 장치(OLTC: on load tap changer)가 사용되고 있다. 이 전압 조정 장치는 전환 개폐기, 탭 선택기, 구동 장치, 자동 전압 조정기 등으로 구성되어 있다. 그림 Ⅱ-23은 OLTC의 외형 사진이고, 그림 Ⅱ-24는 변압기에 설치되어 있는 OLTC의 모습이다.

그림 II-23 OLTC

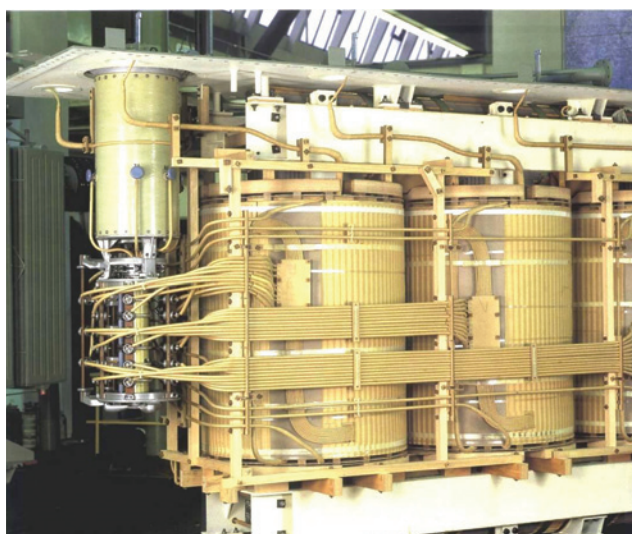



그림 II-24 변압기에 설치된 OLTC

3 개폐 장치

1. 개폐 장치의 역할

개폐 장치는 전력 계통에서 유입되는 전력을 집중·배분하거나 설비 고장 복구를 위한 휴전 구간의 확보, 전류 통로의 변경 등 전로의 구성, 분리, 변경, 구분을 하여 주는 역할을 담당하고 있다. 주로 차단기, 단로기, 모선 등으로 구성되어 있으며, 최근에는 가스 절연 개폐 장치인 GIS가 개발되어 사용되고 있다.

2. 차단기

(1) 차단기의 정의

차단기란 전력 계통에서 보호 계전 장치와 결합하여 회로를 개방하거나 투입하는 기능을 가진 설비로, 계통의 단락 또는 지락 사고가 일어났을 때 계통 안정을 확보하기 위하여 신속히 고장 계통을 분리한다. 정상 계통에서는 전류의 흐름을 개폐하여 주는 역할을 담당하며 다음과 같은 기능 요건을 가져야 한다.

첫째, 투입 상태에서 양호한 도체이어야 한다. 따라서 정상 상태 또는 단락과 같은 이상 조건하에서도 열적, 구조적으로 견딜 수 있어야 한다. 둘째, 개방 상태에서 양호한 절연체이어야 한다. 셋째, 차단기 투입시에 이상 전압 발생 없이 안전하게 투입할 수 있어야 한다. 넷째, 차단기 개방시에는 아크에 의한 접촉자 손상 없이 신속하고 안

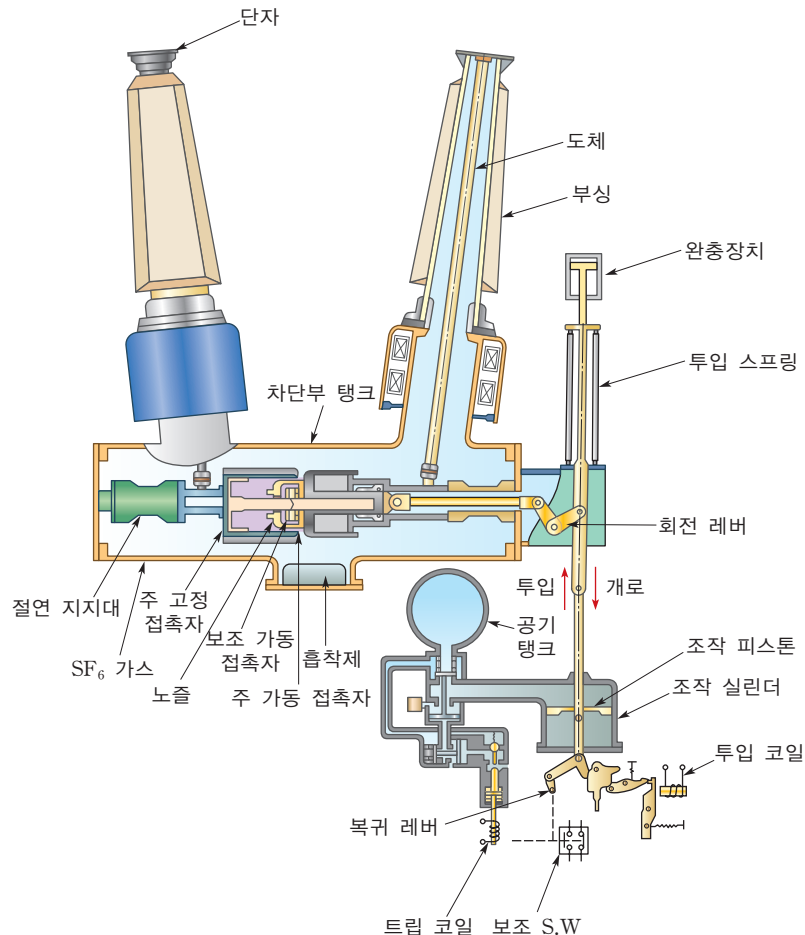



그림 II-25 가스 차단기 구조

전하게 회로를 분리하여야 한다.

전력 계통에서 사용하는 차단기는 발전소, 변전소, 송 · 배전 선로의 인입 · 인출구, 변압기 1, 2차측 등에 설치된다. 차단기의 종류는 소호 원리에 따라 유입 차단기(OCB: oil circuit breaker), 공기 차단기(ABB: air blast circuit breaker), 자기 차단기(MBB: magnetic blast circuit breaker), 가스 차단기(GCB: gas circuit breaker), 진공 차단기(VCB: vacuum circuit breaker) 등이 있다. 우리나라의 차단기 적용은 변전소 형태의 선정과 밀접한 관계가 있고 154〔kV〕 이상은 가스 차단기를, 배전변전소는 진공 차단기와 가스 차단기를 사용하고 있다. 그림 Ⅱ-25는 가스 차단기의 내부 구조도이다.

⑵ 차단기의 소호 원리

차단기로 선로를 개폐시킬 때 차단기의 고정 접점과 이동 접점 간에 전계가 형성된다. 이 전계가 차단기 내부의 공기 또는 절연 가스의 절연 내력보다 크면, 방전이 시작되고 이로 인해 아크가 발생하게 되는데, 이 아크를 소호하지 않으면, 차단기가 기계적으로는 이동 접점과 고정 접점이 분리되어 있어도 전기적으로는 개방되지 않은 상태로 남게 된다.

아크를 소호하는 방법으로는 아크 저항을 크게 하여 아크의 입력을 억제하는 방법과, 열 발산을 충분히 하여 아크 에너지를 감소시키고 냉각해서 온도를 내리는 방법 등이 있다. 또, 아크로 인해 발생되는 전극의 금속 증기를 분산시켜 증기 밀도를 낮게 해야 한다. 이런 내용을 구현하는 방법으로는 깨끗한 공기, 가스, 액체 등을 아크에 강하게 불어넣는 방법, 아크를 좁은 공간에 밀어 넣어 생성된 가스를 급히 팽창시키는 방법 등이 있다.

⑶ 차단기의 정격

차단기의 정격이란 정해진 조건하에서 그 차단기를 쓸 수 있는 한도를 말한다. 이러한 정격에는 정격 전압, 절연 강도, 정격 전류, 정격 차단 시간, 표준 동작 책무 등이 있다.

1) 정격 전압

차단기의 정격 전압은 차단기에 인가될 수 있는 계통 최고 전압을 말하며, 그 크기는 선간 전압의 실효값으로 표시한다. 차단기의 정격 전압은 25.8〔kV〕, 72.5〔kV〕, 170〔kV〕, 362〔kV〕, 800〔kV〕 등이 있다.

2) 절연 강도

차단기는 항상 가해지는 계통 전압은 물론 단시간에 가해지는 이상 전압과 충격성 이상 전압 등에 대하여 견뎌야 한다. 따라서 차단기의 절연 강도는 상용주파와 충격파의 절연 내력으로 표시된다.

3) 정격 전류

차단기의 정격 전류는 정격 전압, 정격 주파수일 때 일정한 기준의 온도 상승 한도를 초과하지 않고 연속적으로 흘릴 수 있는 전류 한도를 말한다. 정격 전류의 표준값은 600〔A〕, 1,200〔A〕, 2,000〔A〕, 3,000〔A〕, 4,000〔A〕 등이 있다.

4) 정격 차단 전류

차단기가 단락 고장이 발생한 회로를 차단할 수 있는 전류의 크기를 차단 전류라 한다. 정격 차단 전류는 차단기의 정격 전압에 모든 정격, 규정된 회로 조건에서 규정된 동작 책무를 수행할 수 있는 차단 전류의 최대한도로 교류분 실효값으로 표시한다.

5) 정격 차단 시간

정격 트립 전압과 정격 조작 압력에서 측정한 차단 시간을 정격 차단 시간이라 한다. 즉, 차단기가 보호 계전기로부터 트립 명령을 받는 시점에서 트립 장치가 동작하여 전류 차단을 완료할 때까지의 시간을 나타낸다. 정격 차단 시간은 정격 주파수를 기준으로 한 사이클 수로 표시한다.

표 Ⅱ-2는 정격 전압별 차단기 차단 시간을 나타낸 것이다.

표 Ⅱ-2 정격 차단 시간

정격 전압〔kV〕	25.8	170	362	800
정격 차단 시간〔cycle〕	5	3	3	2

6) 표준 동작 책무

전력 계통에 어떤 고장이 발생하였을 때 차단기는 차단 또는 투입 동작을 수행하여야 한다. 동작 책무란 1~2회 이상의 투입, 차단을 하거나 또는 투입, 차단을 일정한 시간 간격으로 행하는 일련의 동작을 말한다. 표 Ⅱ-3은 차단기 동작 책무를 나타낸 것이다.

표 II-3 차단기 동작 책무

종별	동작 책무
일반용	CO－15초－CO
고속도 재투입용	O－0.3초－CO－3분－CO

※ O : 차단기 개방, CO : 투입 후 즉시 개방

(4) 차단기 동작 시간

차단기의 동작 시간을 그림 Ⅱ－26과 같이 동작에 따라 나누어 설명하면 다음과 같다.

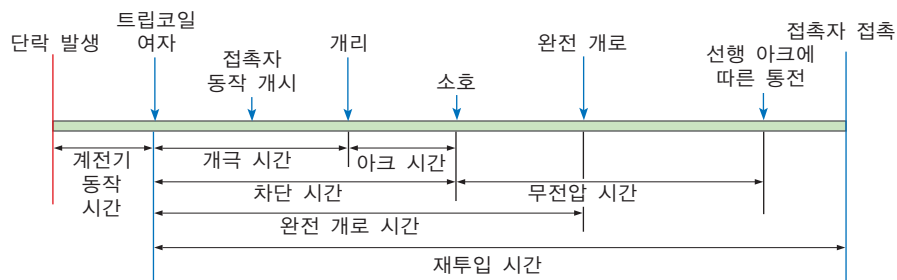



그림 II-26 차단기 동작 시간

1) 개극 시간

개극 시간은 폐로 상태에서 차단기의 트립코일이 동작하여 접촉자가 개리할 때까지의 시간을 의미하며, 무전압, 무부하 상태에서 측정한다.

2) 아크 시간

아크 시간은 접촉자의 개리 순간부터 접촉자 간의 아크가 소호되는 순간까지의 시간을 말한다.

3) 차단 시간

개극 시간과 아크 시간의 합을 차단 시간이라 한다.

4) 폐로 시간

개로 상태에서 차단기의 투입 코일이 여자된 순간부터 접촉자가 폐로할 때까지의 시간을 폐로 시간이라 한다. 또한 정격 투입전압과 정격 조작 압력에서 측정한 폐로 시간을 정격 폐로 시간이라 한다.

5) 재폐로 시간

재폐로 시간이란 폐로 상태에서 차단기의 트립코일이 여자된 순간부터 재투입 동작에 따른 접촉자가 접촉할 때까지의 시간을 말한다.

⑸ 차단기의 조작 방식

1) 솔레노이드 방식

차단기의 투입 또는 개방 조작에 직접 전기 에너지를 이용하여 조작하는 방식이다.

2) 압축 공기 방식

차단기의 투입이나 개방 조작에 필요한 기계력이 압축 공기에 의해 주어지는 조작 방식이며, 강력한 힘을 얻을 수 있고 탱크에 압축 공기를 축적할 수 있어 고속도가 필요한 대형 차단기에 주로 사용된다.

3) 유압 방식

차단기의 조작력을 얻기 위하여 특수 액체인 유압유를 사용하여 압력을 축적하고 밸브를 조작하여 투입 개방력을 얻는 방식이다. 이 방식의 장점은 소음이 적고, 소형 장치로 큰 힘을 얻을 수 있으며, 투입 속도가 빠른 것이다. 그러나 구조가 복잡한 것이 단점이다. 주로 가스 차단기에 사용되고 있다.

4) 전동식(스프링) 방식

스프링에 축적된 에너지를 차단기의 조작에 필요한 기계력에 이용하는 방식이다.

3. 단로기와 라인스위치

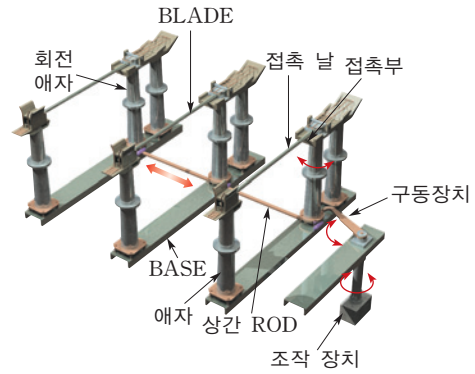
단로기(DS: disconnecting switch)는 사용 설비 또는 선로의 점검, 보수를 위하여 무부하 상태로 선로를 분리하거나 모선의 변경, 선로를 접지하기 위하여 사용하는 장치이다. 충전 전류 개폐는 가능하지만 부하 전류 개폐용으로 사용해서는 안 된다. 단로기의 설치 위치는 차단기 전, 후단, 접지 개소, 우회 구간 등이다. 라인스위치(LS: line switch)는 단로기 중에서 그 구조와 기능을 크게 바꾸지 않는 범위에서 소량의 전류를 개폐할 수 있는 구조를 갖는 것을 말한다.

(a) 설치된 단로기 (b) 단로기 구성도

그림 II-27 단로기

4. 가스 절연 개폐 장치

가스 절연 개폐 장치는 철제 용기 내에 모선과 개폐 장치, 그 밖의 장치를 내장시키고, 절연 특성이 우수한 SF_6 가스로 충전한 뒤 밀폐하여 절연을 유지시키는 종합 개폐 장치이다. 이 차단기의 장점으로는, 절연 거리의 축소로 설치 면적이 작아지고, 전기적 충격이나 화재의 위험이 적으며, 주위 환경과 조화를 이룰 수 있고, 조작 중 소음이 적을 뿐만 아니라, 라디오 방해 전파를 줄여 준다. 단점으로는, 단로기 등의 개폐기 조작에 동반하여 발생하는 서지에 의한 절연 파괴 현상이 나타날 수 있고, GIS 내 절연 성능 저하에 대한 대책이 필요하며, 기밀 구조 유지와 수분 관리가 필요하다. 그리고 고장이 발생하면 고장 파급이 광범위하게 발생하는 문제점이 있다. 그림 Ⅱ-28은 옥외, 옥내형 가스 절연 개폐 장치의 모습이다.

(a) 옥외형

(b) 옥내형

그림 II-28 가스 절연 개폐 장치 종류

4 조상 설비

1. 조상 설비의 개요

송전 선로는 부하에 관계없이 송 · 수전단의 전압을 일정하게 유지하는 정전압 송전 방식이 채용되고 있다. 일반적으로 전력 부하에는 유도전동기 등 유도성 부하가 많으므로 중부하시에는 송전 선로에 큰 지상 전류가 흐르게 되는데, 선로의 리액턴스 강하 때문에 수전단 전압은 저하된다. 또한 장거리 송전 선로에서는 경부하시 선로의 충전 전류에 의한 페란티효과(Ferranti effect)로 인해 수전단 전압이 송전단 전압보다 높아진다. 조상 설비는 이와 같은 부하 변동으로 인한 전압 변동을 조정하여 수전단 전압을 일정하게 유지하도록 하는 역할을 하며, 이외에도 역률 개선에 의한 송전 손실의 경감, 송전 안정도의 향상 등의 기능을 갖는다.

조상 설비는 회전기와 정지기로 구분할 수 있는데, 회전기로는 동기 조상기, 정지기로는 전력용 ▪콘덴서, 분로 리액터 등이 있다. 최근에는 전력 공급 신뢰도 향상, 조상기 기기의 유지, 보수, 손실, 가격 측면에서 회전기보다 정지기가 유리하여 변전소에서는 정지기를 많이 사용하고 있다.

2. 전력용 콘덴서

전력용 콘덴서는 송 · 배전 선로에 널리 사용되고 있으며 선로에 설치하는 방법에 따라 직렬 콘덴서, 병렬 콘덴서로 구분한다.

(1) 직렬 콘덴서

직렬 콘덴서는 장거리 송전 선로에 설치하여 선로의 유도성 리액턴스를 보상함으로써 전압 강하를 경감하는 데 사용되고 있다. 우리나라의 전력 회사에서는 아직 사용하지 않고 있다.

(2) 병렬 콘덴서

전력용 콘덴서를 부하와 병렬로 접속하면 콘덴서는 전압보다 90° 위상이 빠른 진상 무효 전류를 공급하므로 부하의 역률이 개선되어 선로 전류가 감소된다. 따라서 선로 손실의 감소, 전압 강하와 전압 변동률이 개선되어 설비의 공급 여력이 증가한다. 우

▪ **콘덴서** | 현재 콘덴서(condenser)는 커패시터(capacitor)라는 용어와 혼용되어 사용되고 있으나, 본 교재에서는 콘덴서로 표기한다.

리나라의 전력 회사는 주로 부하와 콘덴서를 병렬로 연결한 병렬 콘덴서를 변전소의 모선에 설치하여 운영하고 있다. 그림 Ⅱ-29는 전력용 콘덴서의 설치 모습이다.

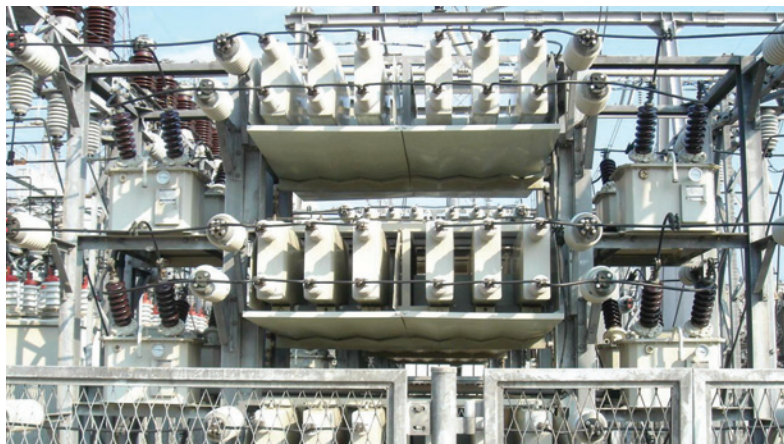



그림 II-29 전력용 콘덴서

3. 직렬 리액터

콘덴서를 조상용으로 송전선에 연결할 때 문제는 전압 파형이 비틀리는 것이다. 선로에는 변압기 등의 자기포화 때문에 고조파 전압이 포함되어 있으며, 콘덴서를 연결함에 따라 고조파 전압이 커지게 된다. 따라서 선로에 고조파, 돌입 전류를 억제하고자 직렬 리액터를 전력용 콘덴서와 직렬로 연결한다.

4. 방전 코일(저항)

콘덴서를 회로로부터 분리하는 경우 잔류 전하는 쉽게 자기 방전을 할 수 없기 때문에 코일이나 저항을 통하여 방전시켜야 한다. 방전 코일은 콘덴서의 방전에 사용되고 있다.

5. 분로 리액터

전압 조정을 위해서 전력용 콘덴서를 이용하면 진상 전류를 얻을 수 있지만, 지상 전류를 얻기 위해서는 분로 리액터가 필요하다. 장거리 송전선에서 경부하 시간대의 충전 전류의 영향과 대도시 계통에서 사용되고 있는 케이블의 영향으로 심야에 변전소의 모선 전압이 상승하는 경향이 있다. 따라서 지상 전류를 얻어 전압 상승을 억제할 목적으로 분로 리액터를 설치, 운전하고 있다. 그림 Ⅱ-30은 분로 리액터가 변전소에 설치된 모습이다.

그림 II-30 분로 리액터

5 보호 계전 방식

1. 계통 보호의 개요

전력 계통에는 다수의 발·변전과 송·배전 설비가 복잡하게 연계되어 있다. 그렇기 때문에 고장이 발생할 경우 신속하게 이를 계통으로부터 분리시키지 않으면 과도한 고장 전류, 이상 전압의 발생, 위상 변동 등으로 전력 설비는 크게 손상을 입게 되고, 고장이 인접 구간으로 파급되어 사고의 범위가 확대된다. 따라서 모든 전력 설비는 그 설비의 이상 상태를 항상 감시하고 고장이 발생하였을 때는 고장을 검출하여 전력 계통으로부터 신속하게 분리시키는 보호 계전 설비를 갖추고 있다. 보호 계전기는 고장의 종류, 고장 전류와 전압, 고장점의 위치 등을 정확하게 측정해서 고장 구간을 고속도로 선택, 차단하는 지령을 내리는 등 계통 보호를 위한 기능을 한다.

2. 보호 계전기의 구비 조건

보호 계전기가 구비해야 할 조건은 다음과 같다.

(1) 보호 동작이 정확하고 감도가 양호할 것

(2) 고장을 신속 정확하게 선택할 것

(3) 온도와 파형 등에 의한 오차가 적을 것

(4) 오랫동안 사용하더라도 특성이 변화하지 않을 것

(5) 보수, 점검이 용이할 것

(6) 열적, 기계적으로 견고할 것

(7) 가격이 싸고, 소비 전력도 적을 것

(a) CT

(b) 보호 계전기

(c) 차단기

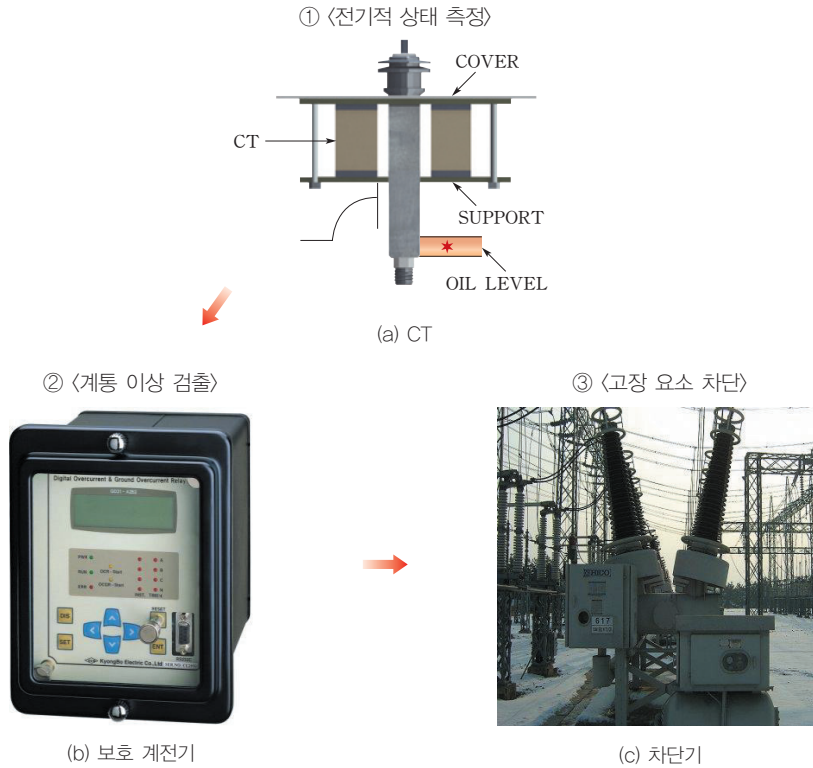



그림 II-31 보호 계전 시스템의 구성

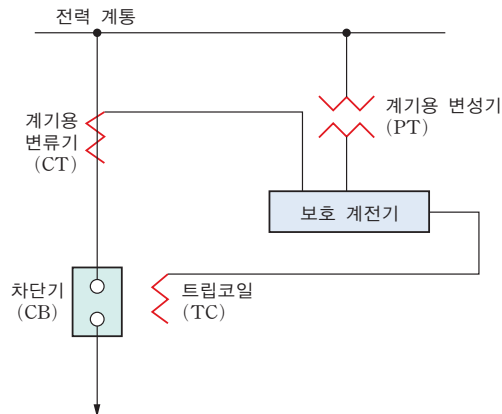



그림 II-32 보호 계전 시스템의 전기 회로 구성의 예

3. 보호 계전기의 종류

(1) 형태상의 분류

보호 계전기는 아날로그형과 디지털형으로 분류하고 있으며, 디지털형 보호 계전기의 적용 영역이 점차 확대되고 있다.

표 II-4 보호 계전기의 형태별 특성

구분 \ 형태	아날로그		디지털
	전자 기계형	정지형	
동작 원리	전기 입력을 기계적인 흡인력, 회전력으로 변환하는 원리에 의거 동작	트랜지스터의 증폭과 스위칭 작용을 이용해서 입력의 크기 위상을 판단해 동작	정해진 프로그램에 의거 마이크로프로세서로 계산해서 크기, 위상을 판단하여 동작
성능	저속도, 저기능	고감도, 고속도	고감도, 고속도, 고기능
크기	대	중	소
신뢰성	낮음	높음	높음

(a) 아날로그형

(b) 디지털형

그림 II-33 보호 계전기의 종류

(2) 기능상의 분류

1) 전류 계전기

전류 계전기는 전류의 크기에 의해 동작하는 보호 계전기의 통칭으로 일정값 이상의 전류에 동작하는 과전류 계전기(OCR: over current relay)와 일정값 이하에서 동작하는 부족 전류 계전기(UCR: under current relay)로 구분된다. 과전류 계전기는 배전 선로 보호, 고장 감시용 등 용도가 많은 계전기이며, 부족 전류 계전기는 특수한 경우가 아니면 사용되지 않고 있다.

2) 전압 계전기

전압 계전기는 전압의 크기에 의해 동작하는 보호 계전기로서 일정값 이상에서 동작하는 과전압 계전기(OVR: over voltage relay)와 일정값 이하에서 동작하는 저(부족)전압 계전기(UVR: under voltage relay)로 구분된다. 저전압 계전기는 고장 감시 또는 선로나 발전기의 전압 감시용으로 사용되는 등 사용 범위가 광범위하다. 과전압 계전기는 발전기의 과전압 보호, 비접지 계통의 지락 보호 등 특수한 경우에만 사용된다.

3) 차동 계전기

차동 계전기(DCR: differential current relay)는 보호 대상 설비에 유입되는 전류와 유출되는 전류의 차에 의해 동작하는 일종의 전류 계전기로서, 보호 구간을 100〔%〕 감시할 수 있어, 변압기, 발전기, 송전 선로의 보호 장치로 주로 사용하며, 신뢰성도 매우 높다.

4) 거리 계전기

거리 계전기(DR : distance relay)는 전압과 전류의 크기와 위상 차를 이용, 고장점까지의 거리를 측정하는 계전기로서, 154〔kV〕 계통 이상의 송전 선로, 발전기의 보호 등에 광범위하게 사용되고 있다.

거리 계전기는 특성에 따라 임피던스형, 모(mho)형, 리액턴스(reactance)형으로 구분된다.

5) 주파수 계전기

주파수 계전기는 공급과 수요의 불균형이 급격히 발생하는 경우에 동작하는 계전기이다. 발전기 탈락 등 공급 능력이 부족하면 주파수가 저하되어 저주파수 계전기(UFR: under frequency realy)가 동작, 특정 부하를 차단함으로써 계통의 안정도를 회복시켜 준다. 부하가 급격히 차단되면 발전기의 회전수가 상승하고 주파수도 높아지므로, 과주파수 계전기(OFR: over frequency realy)가 동작하여 발전기를 트립(trip)시켜 발전기의 손상을 방지한다.

6) 재폐로 계전기

재폐로 계전기는 낙뢰, 수목 접촉, 일시적인 섬락 등 순간적인 사고로 계통에서 분리된 구간을 신속히 계통에 투입시킴으로써 계통의 안정도를 향상시키고 정전 시간을 단축시키기 위해 사용된다. 송전 선로에는 고속도 1회 재폐로를, 22.9〔kV〕 배전 선로에는 2회 재폐로를 적용한다.

탐 | 구 | 활 | 동

전력 계통에서 사용되는 차단기의 종류를 들고 각각의 장 · 단점에 대하여 설명해 보자.

읽 을 거 리

직류와 교류의 차이

전기를 배우면 '직류'와 '교류'라는 말을 듣게 되는데, 이에 대한 정확한 이해가 필요하다.

건전지에 저항을 이어서 회로를 만들면 이 회로를 흐르는 전류는 늘 크기가 일정하며 흐르는 방향도 바뀌지 않는다. 이런 전류나 전압을 직류라고 하는데, 문자 기호로는 DC(direct current)로 나타낸다.

이에 비해 우리가 가정에서 쓰는 전기는 전류나 전압이 주기적으로 바뀐다. 이런 전류나 전압을 교류라고 하며 문자 기호로 AC(alternating current)로 나타낸다.

같은 전기인데도 직류와 교류는 본질적으로 어떤 점이 다른가.

전류나 전압의 시간적인 변화를 보기 위해 오실로스코프로 직류와 교류를 관찰해 보면 직류는 평탄한 직선이지만, 교류는 일정 시간마다 (+), (−)가 되풀이되는 정현파(사인파)의 그래프가 나타난다. 교류의 파형을 보면, 전류와 전압이 시시각각으로 바뀌고 있는 것을 알 수 있다. 이 파형이 1회 진동하는 데 걸리는 시간을 주기(週期)라고 하고, 1초 동안에 진동이 되풀이되는 횟수를 주파수라고 하는데, 옛날에는 사이클〔Cycle〕이란 단위도 썼으나 지금은 헤르쯔〔Hz〕로 통일되어 있다. 우리나라에서 쓰고 있는 교류 주파수는 60〔Hz〕이나, 다른 나라에서 50〔Hz〕를 쓰는 곳도 있다.

교류 파형을 살펴보면 1주기 사이에 (+)와 (−)가 한 번씩 찾아오고 그 사이에 두 번 제로가 되고 있다. 따라서 60〔Hz〕의 교류로 전등을 켜면 1초 사이에 120회 점멸하는 것을 알 수 있다. 그 때문에 형광등 밑에서 손을 빨리 흔들면 깜박거려 보이는 것이다.

단원 학습 정리

1 변전소의 개요 : 변전소의 역할, 변전소의 종류, 변전소의 구성 설비

2 주변압기

(1) 변압기의 개요 : 변전소에 설치해 전압을 변성하는 변압기를 주변압기라고 하는데 철심, 권선, 절연 재료, 부속 장치로 이루어진다.

(2) 변압기의 부속 장치 : 부싱, 냉각 장치, 보호 장치, 절연유 보존 장치 등

(3) 전압 조정 장치 : 변전소에서는 전원 전압이나 부하 변동에 관계없이 2차 전압을 원하는 일정값으로 유지하기 위해 고압측 권선에 탭을 설치해 권수비를 바꾸는 형태의 전압 조정 장치를 쓰며, 주로 부하시 전압 조정 장치(OLTC)가 쓰인다.

3 개폐 장치

(1) 개폐 장치의 역할 : 전로의 구성, 분리, 변경, 구분

(2) 차단기

① 차단기의 정의 : 고장이나 정상 상태에서 회로를 개방, 투입하는 설비

② 차단기의 소호 원리 : 아크 저항을 크게 하는 방법, 아크 에너지 감소 방법

③ 차단기의 정격 : 정격 전압, 절연 강도, 정격 전류, 정격 차단 전류, 정격 차단 시간, 표준 동작 책무

(3) 단로기와 라인스위치 : 사용 설비 또는 선로의 점검, 보수를 위해 무부하 상태에서 선로 분리, 변경, 접지

(4) 가스 절연 개폐 장치 : 철기 용기 내에 모선과 개폐 장치 등을 내장한 종합 개폐 장치

4 조상 설비

(1) 조상 설비의 개요 : 페란티효과 등으로부터 전압 유지, 송전 손실의 경감, 송전 안정도의 향상, 동기 조상기나 전력용 콘덴서 등

(2) 전력용 콘덴서 : 직렬 콘덴서, 병렬 콘덴서

(3) 직렬 리액터 : 고조파에 의한 전압 파형 왜곡 방지, 돌입 전류 억제

(4) 방전 코일 : 잔류 전하 방전

(5) 분로 리액터 : 심야 경부하시 무효전력의 흡수로 페란티 현상 억제

5 보호 계전 방식

(1) 고장 발생시 계통의 신속한 분리를 위한 보호 계전기 설치로 전력 설비 보호

(2) 보호 계전기의 종류

① 형태상의 분류 : 아날로그형, 디지털형

② 기능상의 분류 : 전류 계전기, 전압 계전기, 차동 계전기, 거리 계전기, 주파수 계전기, 재폐로 계전기